



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 44 237 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 J 3/38**  
H 02 K 7/18

⑳ Aktenzeichen: 199 44 237.1  
㉑ Anmeldetag: 15. 9. 1999  
㉒ Offenlegungstag: 29. 3. 2001

**DE 199 44 237 A 1**

㉑ Anmelder:  
Dornier GmbH, 88039 Friedrichshafen, DE  
  
㉒ Vertreter:  
Meel, T., Dipl.-Phys., Pat.-Ass., 88709 Meersburg

㉑ Erfinder:  
Gerland, Klaus-Dieter, 88677 Markdorf, DE; Linn,  
Gerhard, 88094 Oberteuringen, DE

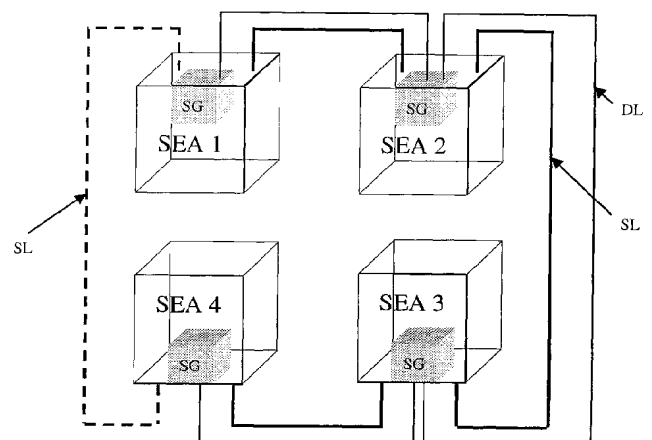
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 29 44 530 A1  
EP 00 12 219 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System zur Stromversorgung

- ⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein System zur Stromversorgung, umfassend:
- mindestens zwei Stromerzeugungsaggregate (SEA) mit kraftstoffbetriebenem Stromgenerator (G), Steuergerät (SG) sowie Verbraucheranschlüssen (VA);
  - Stromverbindungsleitungen (SL) zwischen den Stromerzeugungsaggregaten (SEA);
  - Messfühlern (MF) zur Ermittlung von Energieflüssen und Abnahmeleistungen der Verbraucher;
  - Signalleitungen (SL) zwischen den Steuergeräten (SG) zum Austausch der für die Inbetriebnahme und Betriebserhaltung des Systems nötigen Daten, wobei die Steuergeräte (SG) in Abhängigkeit vom Gesamtstrombedarf der Verbraucher gerade soviel Stromerzeugungsaggregate (SEA) aktivieren, wie zur Deckung des aktuellen Gesamtstrombedarfs nötig sind.



**DE 199 44 237 A 1**

Die Erfindung betrifft ein System zur Stromversorgung.

Kraftstoffbetriebene Stromerzeugungsaggregate gemäß dem Stand der Technik sind als Stand-alone-Geräte konzipiert. Sie besitzen Abgangsklemmen oder -steckdosen, an die Verbraucher angeschaltet werden. Bei Lastauf- und Abschaltungen kommt es aufgrund der Magnetfeldänderung im Generator zu Bremsvorgängen, die in Abhängigkeit von der Lastgröße, des Massenträgheitsmomentes des Stromerzeugungsaggregats und der Güte der Drehzahlregelung zu mehr oder weniger großen Spannungs- und Frequenzschwankungen im Netz führen. Das Netz besteht dabei aus der Sammelschiene des Stromerzeugungsaggregats mit einer relativ geringen Anzahl angeschlossener Verbraucher. Hohe Schaltstöße können zur Netzinstabilität bis hin zum Stillstand des Stromerzeugungsaggregates führen. Aggregatstörungen führen zum Komplettausfall des Netzes.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zur Stromversorgung zu schaffen, mit dem gegenüber den bekannten, einzeln betriebenen Stromerzeugungsaggregaten eine erhöhte Versorgungssicherheit erreicht wird.

Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Das erfindungsgemäße System zur Stromversorgung umfasst

- mindestens zwei Stromerzeugungsaggregate mit kraftstoffbetriebenem Stromgenerator, Steuergerät sowie Verbraucheranschlüssen;
- Stromverbindungsleitungen zwischen den Stromerzeugungsaggregaten;
- Messfühler zur Ermittlung von Energieflüssen und Abnahmeleistungen durch die Verbraucher;
- Signalleitungen zwischen den Steuergeräten zum Austausch der für die Inbetriebnahme und Betriebserhaltung des Energieverbunds nötigen Daten, wobei die Steuergeräte in Abhängigkeit vom Gesamtstrombedarf gerade soviel Stromerzeugungsaggregate aktivieren, wie zur Deckung des aktuellen Gesamtstrombedarfs der Verbraucher nötig sind.

Das erfindungsgemäße System erlaubt somit die bedarfsabhängige Zusammenschaltung mehrerer kraftstoffbetriebener Stromerzeugungsaggregate, um ein größeres Insel-Verbundnetz zu schaffen. Das Inselnetz kann dabei relativ große Ausmaße annehmen. Es werden individuell für jede Verbraucheranzahl soviel Stromerzeugungsaggregate zusammengeschaltet, wie die Verbrauchsberechnung ergeben hat. Die Abgabeleistung wird vollautomatisch abhängig von der Verbrauchsanforderung geregelt, d. h. es sind jeweils so viele Stromerzeugungsaggregate in Betrieb, wie für den sicheren Betrieb der Verbraucheranlage notwendig sind. Der Betrieb des Inselnetzes erfordert kein Fachpersonal, das lastabhängige Handlungen vornehmen muss. Personal wird lediglich zeitweise zur Überwachung des Systems benötigt.

Durch die weitgehende Automatisierung und bei Verwendung berührsicherer Steckverbindungen ist für das Betreiben einer derartigen Anlage nach DIN VDE 0105 die Qualifikation eines elektrotechnischen Laien ausreichend.

Die Erfindung besitzt insbesondere die folgenden Vorteile:

- größere Versorgungssicherheit im Falle eines Fehlers an einem einzelnen Stromerzeugungsaggregat: Bei einem Stand-alone-Aggregat gemäß dem Stand der Technik bricht im Fehlerfall das angeschlossene Ver-

brauchernetz zusammen. Bei dem erfindungsgemäßen System wird der Ausfall eines Stromerzeugungsaggregats erkannt und durch Start oder Lastübernahme von weiteren Stromerzeugungsaggregaten kompensiert.

– stabileres Netz: Spannungs- und Frequenzschwankungen durch Lastauf- oder Lastabschaltungen werden durch die Mehrfacheinspeisung besser kompensiert; Ausregelzeiten/-güte werden verringert bzw. verbessert.

– Kraftstoffersparnis: Es sind nicht mehr Stromerzeugungsaggregate im Betrieb als im Hinblick auf den aktuellen Energiebedarf der Verbraucher notwendig. Die aktiven Stromerzeugungsaggregate sind zu einem hohen Prozentsatz ausgelastet. Teilauslastung mit den einher gehenden Nachteilen (Verschleiß, Verrußung) wird weitgehend vermieden.

– Verschleißminderung: Momentan nicht benötigte Aggregate stehen in Bereitschaft, d. h. still. Dadurch werden unnötige verschleißfördernde Betriebsstunden vermieden.

– Verlustreduzierung durch Erkennung des am nächsten zur Abnahmequelle gelegenen Stromerzeugungsaggregates ist möglich: Zur Minimierung der nicht produktiven Ströme auf den Stromverbindungsleitungen zwischen den einzelnen Stromerzeugungsaggregaten können die Stromerzeugungsaggregate so gesteuert werden, dass Stromerzeugungsaggregate gerade an denjenigen Verbraucherorten, an denen die größte Leistung abgenommen wird, in Betrieb sind bzw. zuge-setzt werden. An Orten mit geringer Leistungsentnahme werden Aggregate in den Stand-by-Betriebszustand gesetzt.

– Automatisches Management der Schutzmaßnahme Isolationsüberwachung ist möglich: Aufgrund der prinzipiellen Wirkungsweise eines Isolationswächters (Aussenden von Mesströmen in das angeschlossene Netz) ist es ohne technischen Zusatzaufwand nicht möglich, mehrere Isolationswächter an einem Netz zu betreiben. Das erfindungsgemäße System regelt automatisch, dass nur ein Isolationswächter im Netz aktiv ist und andere deaktiviert sind. Da außerdem die im Verbund arbeitenden Stromerzeugungsaggregate alle den gleichen technischen Aufbau aufweisen können, kann beim Ausfall des aktiven Isolationswächters ein anderer automatisch die Überwachungsfunktion übernehmen. Das Überwachungspersonal braucht weder zu wissen, dass nur ein Isolationswächter aktiv sein darf, noch muss es Handlungen vornehmen, um die Schutzmaßnahme beim Erstaufbau und bei Veränderung des Inselnetzes einzurichten.

Die Erfindung wird anhand beispielhafter Ausführungen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** zwei Aufbauvarianten des erfindungsgemäßen Systems zur Stromversorgung;

**Fig. 2** die Komponenten des erfindungsgemäßen Systems zur Stromversorgung.

**Fig. 1** zeigt zwei mögliche Aufbauvarianten des erfindungsgemäßen Verbundsystems. Dargestellt sind die einzelnen Stromerzeugungsaggregate SEA 1 bis SEA 4, die über die Stromverbindungsleitungen SL miteinander verbunden sind. Die Stromerzeugungsaggregate SEA 1 bis SEA 4 können mittels der Stromverbindungsleitungen sowohl in Reihe als auch im Ring verkabelt werden. Durch die gestrichelt eingezeichnete Stromverbindungsleitung SL wird aus der Reihenschaltung der Stromerzeugungsaggregate eine Ringstruktur.

Die Ringstruktur hat den Vorteil, dass der Energiefluss von zwei Seiten erfolgt. Ein Fehler in Form eines einfachen Ringaufbruchs führt zu einem Rückfall in eine Reihenschaltung, bei der sich kurzzeitig die Stromflussverhältnisse ändern und automatisch neu einregeln. Die mit der Mehrfach-

einspeisung verbundenen Vorteile bleiben erhalten. Eine Reihenschaltung kann erfolgen, wenn aufgrund der räumlichen Verhältnisse am Aufbauort eine Ringschaltung nicht realisiert werden kann. Ein einfacher Fehler in der Ringverkabelung führt zu einer Auftrennung des fehlerhaften Zweiges und zur Bildung zweier kleinerer Reihennetze, wobei die Energieverteilung sich automatisch neu einregelt.

In jedem Stromerzeugungsaggregat SEA 1–SEA 4 sind Steuergeräte SG enthalten, die über Signalleitungen SL miteinander verbunden sind. Die Vernetzung der Steuergeräte erfolgt vorteilhaft in Reihenschaltung, auch in den Fällen, in denen die Stromerzeugungsaggregate selbst in einer Ringstruktur angeordnet sind.

**Fig. 2** zeigt die einzelnen Komponenten des erfindungsgemäßen Stromerzeugungssystems im Detail. Dargestellt sind das Stromerzeugungsaggregat SEA n und das benachbarte Stromerzeugungsaggregat SEA n + 1 innerhalb des Gesamtsystems aus beliebig vielen Stromerzeugungsaggregaten. G bezeichnet den Stromgenerator des einzelnen Stromerzeugungsaggregates und VA einen Verbraucheranschluss (Ausgangssteckdose), die jeweils mit der Sammelschiene S elektrisch verbunden sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist nur ein Verbraucheranschluss pro Stromerzeugungsaggregat eingezeichnet.

#### Stromverbindungsleitungen SL

Wie man aus der Zeichnung erkennen kann, sind die beiden Stromerzeugungsaggregate SEA n und SEA n + 1 über die Stromverbindungsleitung SL miteinander elektrisch verbunden. In dieser Ausführung geschieht das dadurch, dass die Sammelschienen S der beiden Aggregate SEA n und SEA n + 1 miteinander verbunden werden ("Verlängerte Sammelschiene").

#### Elektronische Steuergeräte SG als Netzverbundintelligenz

Das Steuergerät SG in jedem einzelnen Stromerzeugungsaggregat SEA n, SEA n + 1 verwaltet den Stromhaushalt des betreffenden Aggregats. Darüber hinaus verteilen und erhalten die Steuergeräte SG über die Datenleitungen SL verbundrelevante Informationen und Steuer- und Ausführbefehle von anderen Steuergeräten. Die Steuerungen sind gleichwertig, d. h. jedes Steuergerät kann gleichartige Erst- oder Allgemeinentscheidungen treffen, die den anderen Geräten mitgeteilt und in diesen abgelegt werden (kein Master-Slave-Betrieb).

#### Messfühler MF

Messfühler MF, z. B. ausgebildet als Messwandler, sind zur Erfassung von Energieflüssen und Abnahmeleistungen an relevanten Stellen des Systems angeordnet. Die Messwandler sind die Sensoren der Steuergeräte SG und mit diesen über die Leitungen SEL verbunden. Sie transformieren Spannungen und Ströme verhältnismäßig auf für die Steuerung erfassbare Größen. Durch sie erhalten die Steuergeräte SG ein aktuelles Abbild über statische und dynamische Lastverteilungen im Verbundsystem. Im Beispiel der **Fig. 2** sind folgende Messwandler MF vorhanden:

- Messwandler in der Leitung zwischen Generator G und Sammelschiene S, um die Auslastung der Genera-

toren zu ermitteln;

- Messwandler in der Leitung zwischen Sammelschiene S und Verbraucheranschluss VA zur Ermittlung des Gesamtstrombedarfs;

- Messwandler in der Stromverbindungsleitung SL zur Ermittlung des Gesamtenergiebedarfs und der maximalen Stromsenken;

- Messwandler zur Ermittlung von Spannung und Frequenz an zentralen Stellen, an denen bestimmte Bedingungen für das Zuschalten von Stromerzeugungsaggregaten hinsichtlich Spannungsgleichheit und Phasenlage erfüllt sein müssen; diese Funktion erfüllen in der gezeigten Ausführung die beiden Messwandler in der Stromverbindungsleitung SL zwischen den beiden Stromerzeugungsaggregaten SEA n, SEA n + 1.

#### Signalleitungen SL zwischen den elektronischen Steuergeräten SG

Die Steuergeräte SG tauschen die für die Inbetriebnahme und die Betriebserhaltung des Verbundsystems notwendigen Informationen und Entscheidungen aus, wie z. B. Anzahl der an einem Energieverbund teilnehmenden Stromerzeugungsaggregate SEA, das jeweils aktuelle Prozessabbild, Zu- und Absetzbefehle für Stromerzeugungsaggregate SEA, Spannungs- und Frequenzdaten als Synchronisationsvorgabe für zuschaltende Stromerzeugungsaggregate SEA, Ausfall eines Stromerzeugungsaggregats SEA, Vorliegen von Überlast mit "Absprache" der Maßnahmen, Isolationswächter-Aktiv-Erklärung mit Unterdrückung der anderen Isolationwächter, Isolations-Fehler, Verbundauflösung mit Bezeichnung der Trennstelle im Fehlerfall und verbundrelevante Fehlermeldungen.

Auch ein konventioneller Einzelaggregatbetrieb der Stromerzeugungsaggregate SEA im erfindungsgemäßen System ist weiterhin möglich.

#### Beispiel für die Aktivierung der einzelnen Stromerzeugungsaggregate bei einem Wechsel der Lastverteilung

##### Zeitpunkt $t_1$

In dem Verbundsystem nach **Fig. 1** sei die größte Energie-senke an Stromerzeugungsaggregat SEA 3. SEA 2 und SEA 4 speisen ihre eigenen Verbraucher und geringfügige Überschüsse über die Stromverbindungsleitungen SL zu SEA 3. SEA 1 ist im Stand-By-Betrieb.

##### Zeitpunkt $t_2$

Die Last an SEA 3 verringert sich, so dass die Leistung von nur noch zwei Stromerzeugungseinheiten ausreichend ist. SEA 2 oder SEA 4 schaltet daraufhin ab.

##### Zeitpunkt $t_3$

An SEA 1 entsteht ein hoher Energiebedarf. SEA 1 wird gestartet, SEA 2 oder SEA 4 (je nachdem, welches der beiden Aggregate zum Zeitpunkt  $t_2$  auf Stand-By-Betrieb geschaltet worden ist) wird gestartet und liefert zusammen mit dem den Aggregaten SEA 2 und SEA 4 über die Verbindungsleitungen SL Energie zu den Verbraucheranschlüssen von SEA 1 und SEA 3.

Beispiel für die systeminternen Abläufe bei der Aktivierung  
zusätzlicher Stromerzeugungsaggregate

#### Ausgangslage

5

Ein Stromerzeugungsaggregat ist in Betrieb und speist die  
an seine Ausgangssteckdosen angeschlossenen Verbraucher.  
Zusätzliche Verbraucher kommen hinzu und erfordern die  
Leistung weiterer Stromerzeugungsaggregate. Alle Ver-  
braucher sollen aus dem erfindungsgemäßen Stromversor-  
gungssystem gespeist werden.

#### Betriebsschritte

Eine Stromverbindung zu den neu hinzugekommenen 15  
Stromerzeugungsaggregaten wird hergestellt. Deren Steuer-  
geräte werden aktiviert. Die aufsteigende Platznummer der  
teilnehmenden Stromerzeugungsaggregate wird an allen  
Steuergeräten eingegeben. Die neu hinzugekommenen Strom-  
erzeugungsaggregate werden gestartet. Durch die Steuerge- 20  
räte der hinzugekommenen Stromerzeugungsaggregate wird  
geprüft, ob die Synchronisationsbedingungen (Spannungs-  
höhe und Frequenzlage) in Bezug auf das bisher betriebene  
Stromerzeugungsaggregat gegeben sind. Die Steuergeräte  
schalten dann die hinzugekommenen Generatoren auf die 25  
Sammelschiene. Nun können die an den hinzugekommenen  
Aggregaten angeschlossenen Verbraucher eingeschaltet  
werden, der Energieverbund ist in Betrieb.

#### Patentansprüche

30

1. System zur Stromversorgung, umfassend:
  - mindestens zwei Stromerzeugungsaggregate
  - (SEA) mit kraftstoffbetriebenem Stromgenerator
  - (G), Steuergerät (SG) sowie Verbraucheranschlüs- 35
  - sen (VA);
  - Stromverbindungsleitungen (SL) zwischen den
  - Stromerzeugungsaggregaten (SEA);
  - Messfühlern (MF) zur Ermittlung von Energie-
  - flüssen und Abnahmeleistungen der Verbraucher; 40
  - Signalleitungen (SL) zwischen den Steuergerä-
  - ten (SG) zum Austausch der für die Inbetrieb-
  - nahme und Betriebserhaltung des Systems nöti-
  - gen Daten, wobei die Steuergeräte (SG) in Abhän-
  - gigkeit vom Gesamtstrombedarf der Verbraucher 45
  - gerade soviel Stromerzeugungsaggregate (SEA)
  - aktivieren, wie zur Deckung des aktuellen Ge-
  - samtstrombedarfs nötig sind.
2. System zur Stromversorgung nach Anspruch 1, da-  
durch gekennzeichnet, dass die Stromerzeugungsag- 50  
gregate (SEA) mittels der Stromverbindungsleitungen  
(SL) derart verbunden sind, dass eine Ringstruktur  
oder eine Reihenstruktur entsteht.
3. System zur Stromversorgung nach Anspruch 1 oder  
2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuergeräte die 55  
Stromerzeugungsaggregate (SEA) aktivieren, die  
räumlich am nächsten zum dem Verbraucher gelegen  
sind.
4. System zur Stromversorgung nach einem der voran-  
gehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass je- 60  
des Stromerzeugungsaggregat (SEA) ein Isolations-  
wächter umfasst, wobei die Steuergeräte (SG) sicher-  
stellen, dass zu jedem Zeitpunkt nur ein Isolations-  
wächter aktiv ist.

65

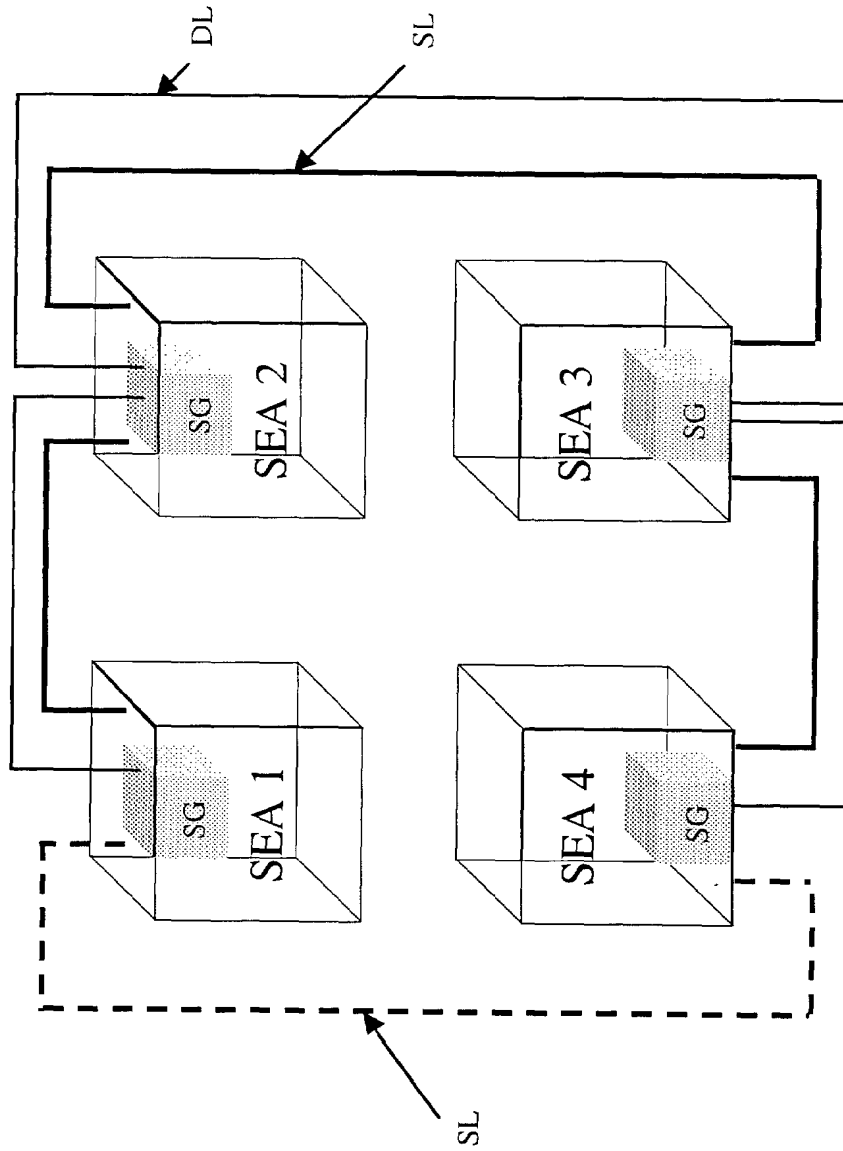
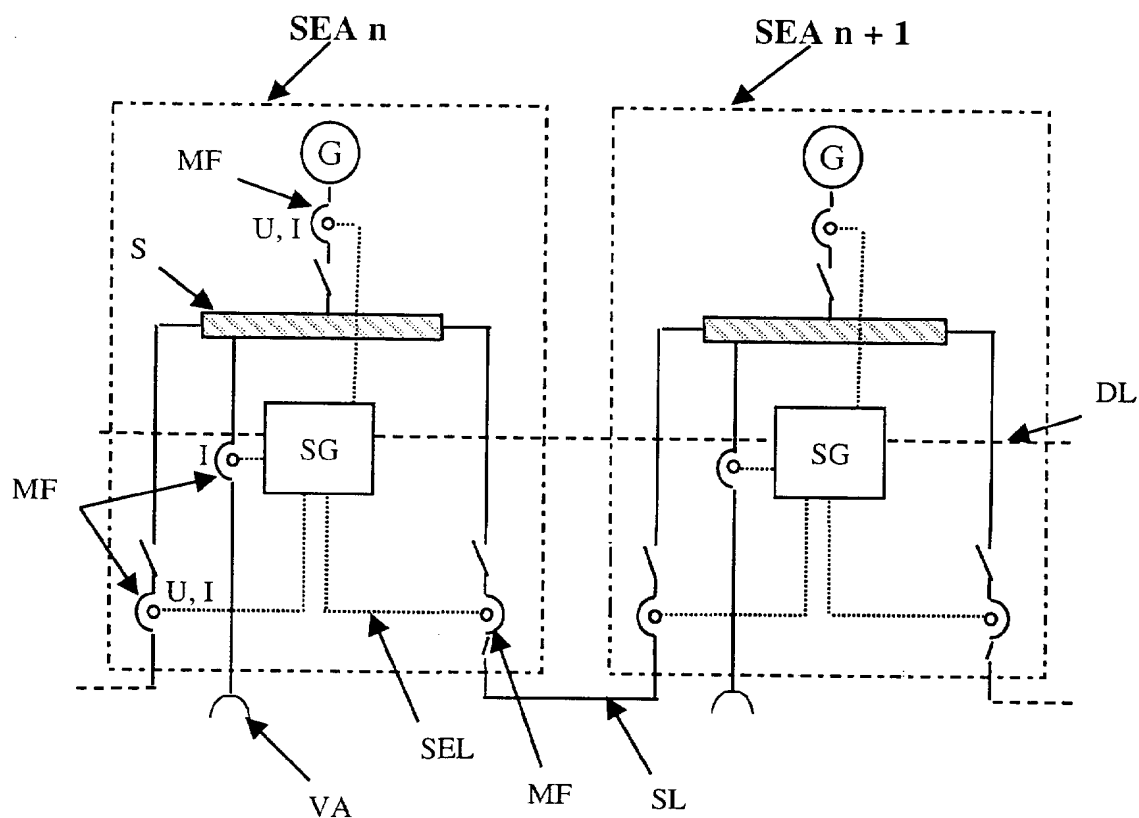


Fig. 1

Fig. 2



- = Messwandler (Spannung und Strom)  
 = Energieleitungen  
 = Datenleitungen  
 = Sensorleitungen